伝統的建築物の照明における最適色温度の決定に関する研究

非会員 張 明 (富山大学) 専門会員 中嶋 芳雄 (富山大学) 専門会員 高松 衛 (富山大学)
専門会員 千代 和夫 (パナソニック電工 (株)) 非会員 馬 林 (富山大学)

Research on Color Temperature for Illumination of Traditional Buildings

Non-member Ming Zhang (University of Toyama),
Fellow Member Yoshio Nakashima (University of Toyama),
Fellow Member Mamoru Takamatsu (University of Toyama),
Fellow Member Kazuo Sendai (Panasonic Electric Works Co., Ltd) and
Non-member Lin Ma (University of Toyama)

KEYWORDS : traditional buildings, colored temperature, image evaluation, factor analysis, light-up

1. はじめに

日本の伝統的建築物は、歴史—文化—民族を表し、それらを理解するために欠かせないものであり、民族の精魂を込めた重要な文化財でもある。近年、多くの伝統的建築物はライトアップの手法によって、新たな魅力の創出や幻想的な演出が盛んに行われている。一般的な都市構造物と異なり、伝統的建築物はその時代を反映する特別な意味を持つものである。ライトアップするに当たっては、如何にして、そのものの特徴を演出し、且つ美しさ、親しみやすさ、芸術的な、環境のやさしさ等の要素を融合した景観照明設計が期待されている。

そこで、本研究では、上述した観点から、照明光源の色温度がライトアップされた伝統的建築物に及ぼす影響について、定量的、数量的に評価し、さらには、因子分析法により、得られた結果を基に、伝統的建築物の夜間景観照明光源の最適色温度を決定することを目的とした。

2. 実験

2.1 景観サンプルの選定・作成

本実験では、主に石造白色外壁の『城郭』、木造赤色や木造焦げ茶色外壁の『神社』、『寺』、『歴史的町並み』の四種類の『伝統的建築物』を対象とし、京都、北陸エリア内の計 22 ヶ所の伝統的建築物を実験用のサンプル地点として、選定した (図 1 参照)。それぞれ、「城郭」は 3 箇所、「神社」は 5 箇所、「寺」は 9 箇所、「歴史的町並み」は 5 箇所である。四種類の『伝統的建築物』を等価に評価する理由としては、均一の撮影距離と同じアングルを保つ場合、撮影器械の視認性により、異なる印象の生じを避ける根拠が得られたからである。

選定した地点の夜景 (既存の照明状態) をデジタルカメラで、撮影する。なお、実験に合わせるため、①人間と撮影器械の視認性に

図 1 実験サンプル写真例 金沢城 (金沢市)
Fig.1 Sample photo used in this experiment.

影響を及ぼさず良い天候であること；②撮影地点から対象物まで、③60m前後 (多段階距離で撮った写真の印象測定を行った結果) の距離を保つこと；④デジタルカメラスタンドを地面から 1.2m の高さを維持すること；⑤撮影角度を 23° 前後 (誤差が小さく、精度が最もよかった) に維持することなどというような統一条件に揃えて、写真の撮影を行った。

サンプルの試作をする前に、スクリーン上の撮影した写真の輝度値を測った。その目的は最大平均輝度値と最小平均輝度値の中間平均値をとり、画像処理を行う際に、ダーゲットの平均輝度値を決めることである。また、ダーゲットに影響を及ぼさないために、周辺の輝度値を 0.5cd/m² 以下に抑えた。上述した基準に従い、撮影した写真をすべて画像処理ソフトにより、照明光源の色温度を変化させ、156 枚の実験用サンプルを作成した。

実験に使用した照明光源の色温度は、自然光との対応関係に基

づき、色温度変化の軌道から、選んだ代表的な4段階モデルである。具体は以下に示す。

- (i) (x, y) = (0.527, 0.413)の2000Kの光色；
- (ii) (x, y) = (0.437, 0.404)の3000Kの光色；
- (iii) (x, y) = (0.333, 0.333)の5500Kの光色；
- (IV) (x, y) = (0.281, 0.2888)の10000Kの光色；

2. 2 評価・分析の方法

各サンプルに対する評価を行うに当たっては、代表的な方法の一つであるSD法¹⁾²⁾を用いた。実験に使用する印象評価語を決定するにあたり、23人を対象に、伝統的建築物に対する印象を自由に記述させる方式を採った。先行研究と国語辞書に基づき、記述させた287個の印象語の中から伝統的建築物の印象に適切であると思われる21個を選出し、その反対語を選定して表1に示す21対の形容詞を作成した。評価は7段階尺度で、「どちらでもない」(0点)を中心にして、それぞれの形容詞に向かって「やや(1もしくは-1)」、「かなり(2もしくは-2)」、「非常に(3もしくは-3)」とした。

表1 評価形容詞対

Table1 Adjectives used in for evaluation.

1) 開放的なー閉鎖的な	12) 派手なー地味な
2) 快いー不快な	13) 親しみやすいーとつ きににくい
3) すっきりしたーごてごてした	14) 好きー嫌い
4) 暖かいー冷たい	15) 古風なー現代的な
5) にぎやかなー寂しい	16) 明るいー暗い
6) 陽気なー陰気な	17) 芸術的なー非芸術 的な
7) 安息感ー緊張感	18) 立派なー貧相な
8) やわらかいー硬い	19) 厳かであるー厳か でない
9) 美しいー醜い	20) 落ち着いたー落ち 着かない
10) 調和したー不調和な	21) 動的なー静かな
11) 目立つー目立たない	

実験を行う際は、暗室の条件下において、被験者の前方に写真サンプルを映すスクリーン(W1.8m×H1.8m)を配置し、液晶プロジェクタによってほぼスクリーン全面の画面サイズで実験用写真サンプルを映し出し、被験者に観測してもらう方法とした。被験者とスクリーンの距離は4mである。各景観について得られたデータの平均値をその景観の評価値とした。被験者は30名の大学生で、男子22名、女子8名であった。なお、被験者の心理、すなわち気分や状況などに配慮し、誤差を少しでも減らすように環境を整えて、慎重に実験を重ねた。

SD評価データの解析には、因子分析法を用いた。この解析により、類似する印象語から対象への総合的な印象を把握することができるからである³⁾。

3. 実験結果及び考察

SD法による全サンプルの評価平均値を図2([a]～[d])に示す。円周方向には形容詞を、半径方向には評価値を、黒太線で表示された不規則円形には四段階の色温度をとった。2000Kと3000K([a],[b])の結果より；動的な、開放的な、暖かい、にぎやかな、安息感、目立つ、親しみやすい等といった形容詞の評価値が大きく、5500K([c])の結果より；立派な、芸術的な、古風な、好き、調

図2 サンプルの平均評価値

Fig.2 Average evaluation for all samples.

[a] 2000K, [b] 3000K, [c] 5500K, [d] 10000K

和した、美しい等の形容詞の評価値が大きいく。10000K([d])の結果より；動的な、暖かい等は、色温度が高くなるにつれて評価は落ちるが、落ち着いた、すっきりした等は評価が高くなり、色温度によって変化する評価項目であることが示された。

表 2 因子負荷量・寄与率・共通性
Table 2 Result of factor analysis.

変数名	因子No. 1 (活動性)	因子No. 2 (評価性)	因子No. 3 (古風性)	共通性 (初期値)
暖かい	0.928370205	0.332456971	0.059536805	0.9606
動的な	0.900708921	0.340941903	-0.062784004	0.9315
にぎやかな	0.875443959	0.426339967	-0.147130911	0.9956
柔らかな	0.875256446	0.417724264	0.034939362	0.9606
陽気な	0.866826392	0.433434433	-0.050990355	0.9556
安息感	0.74548709	0.547778009	0.054949753	0.9276
開放的な	0.73956373	0.601419662	-0.159849742	0.9372
明るい	0.68221225	0.562301473	-0.351746526	0.9004
派手な	0.678014304	0.454628015	-0.458963546	0.8995
親しみやすい	0.646345527	0.646436176	0.090729232	0.8988
すっきりした	-0.814645507	0.258376213	-0.250189042	0.7459
落ち着いた	-0.857128307	0.208070596	0.164338748	0.7459
美しい	0.227480771	0.914876772	-0.133694711	0.8971
芸術的な	0.238097378	0.875010664	0.22136416	0.8965
調和した	0.103260302	0.873692753	0.127868551	0.8760
好き	0.239683328	0.87267603	-0.051518431	0.8971
快い	0.268095968	0.849064522	-0.088172683	0.8856
立派な	0.248646581	0.832623837	0.072883499	0.8965
厳かである	-0.542498621	0.577593818	0.074805598	0.6983
古風な	0.015914484	0.531430647	0.63074946	0.6277
目立つ	0.538923819	0.538041245	-0.303821999	0.8748
寄与率	41.41%	37.77%	5.18%	
累積寄与率	41.41%	79.18%	84.36%	

4. 因子分析結果及び考察

上述の評価実験で得られた各評価項目の平均評価値に因子分析を適用し、全サンプルの評価に係る因子の抽出を行った。第3因子まで抽出したところで累積寄与率が84.36%となったため因子の抽出を打ち切った。これは評価項目のほとんどを第3因子までで説明できると考えられるからである。

表2に各評価項目の因子負荷量・寄与率と共通性を示す。因子負荷量は因子が各評価項目に及ぼす影響力を示し、因子の解釈は因子負荷量によって行われる。また、共通性は各評価項目が今回抽出された3つの因子でどれぐらい説明されるかを表し、その数値が1から離れているほど実験誤差やその実験のみに固有な性質が大きい⁴⁾。

表2より、第1因子には、「暖かい」、「動的な」、「にぎやか」、「柔らかな」、「陽気な」、「安息感」、「開放的な」、「明るい」、「派手な」、「親しみやすい」等が含まれることから、第1因子を『活動性』と名付けた。第2因子には、「美しい」、「芸術的な」、「調和した」、「好き」、「快い」、「立派な」等が含まれるという特徴より、第2因子を『評価性』と名付けた。第3因子には、「古風な」といった形容詞の因子負荷量が目立つため、以上同様に、第3因子を『古風性』と呼ぶことにした⁵⁾。

図3は各サンプルの因子得点をそれぞれ、[a]第1因子(x軸)と第2因子(y軸)、[b]第2因子(y軸)と第3因子(z軸)を座標軸にとった平面座標に示したものである。図中の印はそれぞれ四段階の照明光源を用いた各サンプルの結果に対応している。

図3より、2000K(●)、3000K(◇)の照明に照らされたサンプルは第1因子軸のプラス側に、5500K(■)の照明を用いたサンプルは第2因子軸のプラス側に位置する傾向が示されている。このことから、2000Kと3000Kの照明では、伝統的景観に活動的な印象を与え、5500Kの照明では、評価の高い印象を与えることが明らかとなった。ただし、10000K(△)の照明においては、第

[a]

[b]

図3 サンプルの因子得点分布

Fig.3 Factor analysis points evaluation for all sample.

[a]Activity points to value points.

[b]Value points to traditional points.

X-axis is factor 1, Y-axis is factor 2, Z-axis is factor 3
2000K (●), 3000K (◇), 5500K (■), 10000K (△)

1 因子, 第 3 因子軸のマイナス側に多く位置することも示された. 伝統的景観に, 青味を含んだ照明は適していないと言える.

5. まとめ

以上より, 伝統的建築物に最適な色温度を検討した. その結果として, まず, 全項目の視覚評価から, 4 段階照明光源の中では 10000K より, 2000K, 3000K, 5500K の評価値が大きいことが示された. また, 因子分析によって, 今回使用した景観サンプルは, 「活動性因子」, 「評価性因子」, 「古風性因子」の 3 因子構造をしている事が分かった. さらに, これらを用い, 各サンプルの因子スコアを算出することによって, 色温度の低い照明 (2000K, 3000K) は伝統的な建築物に活動的な印象を与える. 5500K の照明に照らされた伝統的建築物は高く評価されることが明らかとなった. したがって, 伝統的な建築物にふさわしい照明光源の色温度は 2000K, 3000K, 5500K 付近であると考えられる.

本研究では, 伝統的建築物に, 最適な夜間景観照明光源の色温度を決定するという目的をある程度, 達成したと言える. しかし, 本研究には, 今後の課題として, 今回の研究結果を踏まえ, 伝統的建築物の外壁色や被験者の年齢層等の条件を加えて, 更に, 分析・解決していく必要がある.

参 考 文 献

- (1) Osgood, C. E : Semantic Differential Technique in Comparative Study of Cultures, Amer. Anthropologist, 66, pp.171-200 (1964).
- (2) Osgood, C. E : Studies on the Generality of Affective Meaning Systems, Amer. Psychol, 17, pp.10-28, (1964).
- (3) 森典彦: ラフ集合と感性工学, 日本ファジイ学会誌, 13, 66, pp.52-59 (2001).
- (4) 奥野忠一ほか: 多変量解析法, 日科技連出版社 (1971).
- (5) 熊本忠彦, 太田公子: 印象に基づく検索ための印象語選定法の提案, 情報処理学会論文誌, 44, 7, pp.1808-1811 (2001).

(受付日 2009 年 9 月 16 日/採録日 2010 年 5 月 7 日)

張 明 (非会員)

富山大学大学院理工学教育部博士後期課程
数理・ヒューマンシステム科学専攻
〒930-8555 富山県富山市五福 3190

2008 年 4 月富山大学大学院理工学教育部博士
後期課程数理・ヒューマンシステム科学専攻入学. 現在, 在学中.
非会員.

中嶋 芳雄 (専門会員)

富山大学大学院理工学研究部

〒930-8555 富山県富山市五福 3190

昭和 55 年 3 月東京工業大学大学院総合理工学
研究科物理情報工学専攻博士課程修了, 平成 5
年 4 月富山大学工学部電子情報工学科助教授. 現在同大学大学
院教授. 工学博士. 照明学会, 応用物理学会, 日本光学会, 日
本人間工学会, 日本色彩学会, 日本視覚学会, 日本眼光学学会,
電気学会, 電気設備学会, 映像情報メディア学会会員.

高松 衛 (専門会員)

富山大学大学院理工学研究部

〒930-8555 富山県富山市五福 3190

平成 12 年 3 月富山大学大学院博士後期課程修
了. 同年 4 月富山大学工学部知能情報工学科
勤務. 現在同大学大学院講師. 工学博士. 照明学会, 日本光学
会, 日本色彩学会, 日本眼光学学会, 電気学会, 電気設備学会,
映像情報メディア学会, 日本感性工学会, 日本人間工学会会員.

千代 和夫 (専門会員)

パナソニック電工創研 (株)

〒571-8686 大阪府門真市大字門真 1048

昭和 50 年 3 月, 富山大学工学部卒業. 同年 4
月, 松下電工 (株) に入社. 照明学会, 電気
設備学会, 日本人間工学会会員.

馬 林 (非会員)

富山大学大学院理工学教育部修士課程
知能情報工学専攻

〒930-8555 富山県富山市五福 3190

2009 年 4 月富山大学大学院理工学教育部知能
情報工学専攻入学. 現在, 在学中. 非会員.